

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-045948

(43)Date of publication of application : 14.02.1995

(51)Int.Cl.

H05K 3/46

H05K 3/24

(21)Application number : 05-186296

(71)Applicant : IBIDEN CO LTD

(22)Date of filing : 28.07.1993

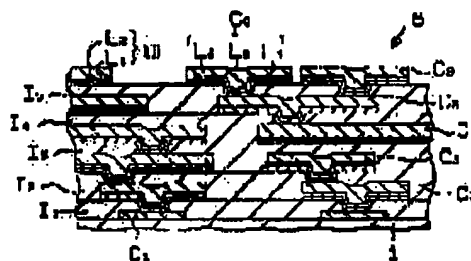
(72)Inventor : NODA KOTA

(54) MULTILAYER WIRING BOARD AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a conductor pattern hard to strip even when an interlayer insulating layer is not roughened by chemicals by a method wherein the conductor pattern is constituted of a metal thin layer formed in such a way that a metal capable of enhancing the close contact property of the conductor pattern has been sputtered and of a copper-plated layer formed on the metal thin layer.

CONSTITUTION: Since a multilayer wiring board 6 uses a metal such as chromium or the like capable of enhancing the close contact property of conductor patterns C1 to C5 as a metal for formation of a metal thin film, it is possible to obtain the conductor patterns hard to strip. In addition, a metal thin layer L1 formed by a sputtering operation is generally dense and smooth, and its adhesion force is excellent. As a result, the metal thin layer TL is used as a substratum for a copper-plated layer L3, and the close contact property of the conductor patterns C1 to C5 can be enhanced even when interlayer insulating layers I1 to I5 are not roughened by chemicals.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.05.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.04.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

文献1

(10) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-45948

(43) 公開日 平成7年(1995)2月14日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H05K 3/48		B 6921-4E		
		N 6921-4E		
3/24		A 7511-4E		

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全11頁)

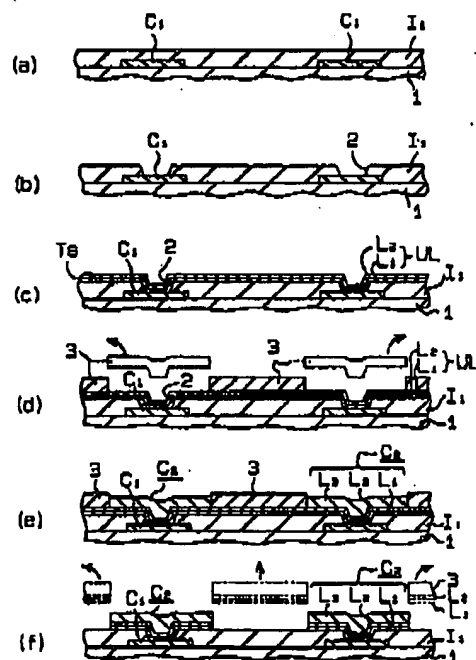
(21) 出願番号	特願平5-186298	(71) 出願人	000000158 イビデン株式会社 岐阜県大垣市神田町2丁目1番地
(22) 出願日	平成5年(1993)7月28日	(72) 発明者	野田 宏太 岐阜県岐阜郡機張川町北方1の1 イビデ ン 株式会社大垣北工場内
		(74) 代理人	弁理士 原田 博宣

(54) 【発明の名称】 多層配線板及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 層間絶縁層の平滑性及び均一性を向上させかつ導体パターンの密着性及び形成精度等を確実に向上させることと、製造工程を簡略化して製造コストを低減すること。

【構成】 基板1上に樹脂をスピコートし、層間絶縁層L1を形成する。層間絶縁層L1～L5に対する逆スパッタリングにより、層間絶縁層L1～L5の表面を処理する。導体パターンC2～C6の密着性を向上し得るクロム等の金属及び銅のスパッタリングにより、層間絶縁層L1～L5の処理面TS上に2種の金属からなる下地層ULを形成する。下地層UL上にめっきレジスト3を形成した状態で銅めっきを施し、下地層UL上の所定部分に銅めっき層L3を形成する。めっきレジスト3及びその下に位置している下地層ULをエッチングし、下地層ULと銅めっき層L3とからなる導体パターンC2～C6を形成する。



(3)

特開平7-45948

3

る。その結果、接着剤層中のフィラーが部分的に溶解され、接着剤層の表面に粗化面が形成される。接着剤層の粗化面にはめっきの最初の折出に必要な触媒核が付与され、更に露光現像によりめっきレジストが形成される。この後、レジスト非形成部分に無電解銅めっきを施すことにより、導体パターンが形成される。

【0005】以上のような導体パターン形成の手順を必要に応じて繰り返すことにより、基板上に層間絶縁層と導体パターンとが交互に積層形成された、いわゆるビルドアップ多層配線板を得ることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来のフルアディティブプロセスでは、上述したように接着剤塗布・粗化・触媒核付与・無電解銅めっきという工程が要求されるため、作業全体が煩雑なものとなっている。しかしながら、層間絶縁層との間に所定の密着性を確保し、剥離し難い導体パターンを得るためには、上記のいずれの工程をも省略することができないという事情がある。

【0007】また、フルアディティブプロセスでは、基板表面に接着剤を塗布する一般的な手段としてロールコートが使用されている。ロールコートは、平行な溝を有しかつ所定の間隔を隔てて配置された一対のロールと、上側のロールに近接して配置されたドクターバーとからなる塗布装置として従来より知られるものである。

【0008】しかし、このような装置を用いて接着剤を薄く塗布しようとしても、膜厚制御が困難になり、平滑で均一な層間絶縁層を得ることができないという問題が生じる。この場合、層間絶縁層の粗化によって表面に凹凸ができ易くなり、結果として導体パターンの形成精度や配線板の電気特性等が悪化してしまう。

【0009】更に、粗化工程にて用いられる化学薬品には、クロム酸や過マンガン酸カリウム等のように、概して人体に対して有害なものが多い。従って、配線板の製造業者は、化学薬品の廃棄を慎重に行うなどというように、何らかの公害対策を図る必要がある。ところが、このような対策を行うと、必然的にコスト高になるという問題がある。

【0010】本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、その第1の目的は、化学薬品による層間絶縁層の粗化を行うことなく、剥離し難い導体パターンを得ることができる多層配線板を提供することにある。

【0011】本発明の第2の目的は、層間絶縁層の膜厚制御が容易であるため層間絶縁層の平滑性及び均一性を向上させることができ、かつ導体パターンの密着性及び形成精度等を確実に向上させることができる多層配線板の製造方法を提供することにある。

【0012】本発明の第3の目的は、製造工程を簡略化することができ、しかも製造コストを低減することが可能な多層配線板の製造方法を提供することにある。

【0013】

4

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、請求項1に記載の発明では、樹脂製の層間絶縁層と金属製の導体パターンとを基板上に交互に積層形成してなる多層配線板において、導体パターンの密着性を向上し得る金属をスパッタリングすることにより形成される金属薄層と、前記金属薄層上に形成される銅めっき層とによって構成される導体パターンを備えた多層配線板をその要旨としている。

10 【0014】請求項2に記載の発明では、樹脂製の層間絶縁層と金属製の導体パターンとを基板上に交互に積層形成してなる多層配線板において、導体パターンの密着性を向上し得る金属をスパッタリングすることにより形成される金属薄層と、前記金属薄層上に銅をスパッタリングすることにより形成される銅薄層と、前記銅薄層上に形成される銅めっき層とによって構成される導体パターンを備えた多層配線板をその要旨としている。

20 【0015】請求項3に記載の発明では、樹脂製の層間絶縁層と金属製の導体パターンとを基板上に交互に積層形成する多層配線板の製造方法において、少なくとも下記(a)～(e)の工程、即ち、(a)基板上に樹脂をスピンコートすることにより、層間絶縁層を形成する工程、(b)前記層間絶縁層に対して逆スパッタリングを行うことにより、前記層間絶縁層の表面を処理する工程、(c)導体パターンの密着性を向上し得る金属をスパッタリングし、かつ必要に応じて銅をスパッタリングすることにより、前記層間絶縁層の処理面上に1種または2種の金属からなる下地層を形成する工程、(d)前記下地層上にめっきレジストを形成した状態で銅めっきを施すことにより、前記下地層上の所定部分に銅めっき層を形成する工程、(e)前記めっきレジスト及びそのめっきレジスト下に位置している下地層をエッチングすることにより、下地層と銅めっき層とによって構成される導体パターンを形成する工程を順次行うことを特徴とした多層配線板の製造方法をその要旨としている。

30 【0016】請求項4に記載の発明では、樹脂製の層間絶縁層と金属製の導体パターンとを基板上に交互に積層形成する多層配線板の製造方法において、少なくとも下記(a)～(f)の工程、即ち、(a)基板上に樹脂をスピンコートすることにより、層間絶縁層を形成する工程、(b)前記層間絶縁層に対して逆スパッタリングを行うことにより、前記層間絶縁層の表面を処理する工程、(c)導体パターンの密着性を向上し得る金属をスパッタリングし、かつ必要に応じて銅をスパッタリングすることにより、前記層間絶縁層の処理面上に1種または2種の金属からなる下地層を形成する工程、(d)前記下地層上にレジストを形成した状態でエッチングを行うことにより、その下地層を所定のパターン状にする工程、(e)パターン状にエッチングされた下地層から前記レジストを剥離する工程、(f)前記下地層に対して無電解銅めっきまたは電解銅めっきを施すことにより、下地層と銅め

40

50

(5)

特開平7-45948

7

で、このような逆スパッタリングを経ることにより、層間絶縁層の表面がいわば「物理的に粗化された」状態になる。このような逆スパッタリングによる処理の利点は、処理後に同じ装置内にて直ちに金属のスパッタリングを行うことができることである。

【0027】逆スパッタリング時において高真空槽内に満たされる不活性ガスとしては、例えば窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、クリプトン等がある。不活性ガスをアルゴンにすると、スパッタリングによって形成される金属薄層の密着性が良くなるという利点がある。また、不活性ガスを窒素にすると、金属薄層をエッチングしたときの残渣が残りにくくなり、導体パターン間の絶縁性が良くなるという利点がある。

【0028】表面処理された第1層めの層間絶縁層の処理面上には、導体パターンの密着性を向上し得る金属のスパッタリングによって金属薄層が形成される。そして、この金属薄層上には、銅のスパッタリングによって銅薄層が形成される。この結果、層間絶縁層の処理面上に1種または2種の金属からなる下地層が設けられた状態となる。

【0029】ここで導体パターンの密着性を向上し得る金属とは、例えばクロム、~~ニッケル~~、チタン、鉄、タングステン、モリブデン、~~白金~~、コバルト等を指すものである。これらの金属は、~~銅と比べて~~得られる金属薄層は、~~銅と比べて~~層間絶縁層に対する付着力が優れたものとなるからである。また、上記の金属薄層は、酸化剤を含まない単純な組成のエッチャントによって容易に除去することができるため、パターン形成に好都合だからである。前記銅薄層は、金属薄層に対する銅めっきの付着性を高め、銅めっき層と金属薄層との間の密着性を向上させるために、必要に応じて形成される。

【0030】この場合、金属薄層の厚さを0.05 μm ~0.3 μm 程度とし、銅薄層の厚さを0.05 μm ~0.8 μm 程度とすることが好ましい。また、下地層のトータルでの厚さは約1.0 μm 以下であることが良い。

【0031】金属薄層の厚さが前記範囲より下であると、層間絶縁層との密着性にばらつきが生じ、剥離や膨れなどの不都合が生じ易くなる。一方、金属薄層の厚さが前記範囲より上であると、スパッタリングに時間やコストがかかるにも関わらず、得られる効果に大差がない。銅薄層の厚さが前記範囲より下であると、銅めっき層の密着性を充分に向上できなくなる虞れがある。一方、銅薄層の厚さが前記範囲より上であると、スパッタリングに時間やコストがかかるにも関わらず、得られる効果に大差がない。

【0032】なお、スパッタリングする金属としてニッケルを選択した場合には、金属薄層上への銅のスパッタリングを省略することも可能である。その理由は、ニッ

8

ケルに対する銅めっきの付着性は比較的良く、必ずしも銅薄層を形成する必要がない場合があるからである。

【0033】下地層上には所定のめっきレジストが形成され、この状態で電解銅めっきまたは無電解銅めっきが施される。その結果、下地層の表面に銅めっき層が形成される。

【0034】前記銅めっき層は、電気を導通させるための実質的な導体層として機能する金属層であることから、下地層に比べていくぶん厚めに形成される。但し、銅めっき層が厚くなり過ぎると、表面の段差が大きくなり、スピンコートによる樹脂の塗布に支障を来す虞れがある。かかる事情を鑑みると、銅めっき層の厚さを2 μm ~30 μm の範囲内に、より好ましくは2 μm ~10 μm の範囲内に設定することが良い。

【0035】銅めっき層を形成した後、不要となっためっきレジスト及びそのめっきレジスト下に位置している下地層は、エッチングによって除去される。この処理によって、1種または2種の金属からなる下地層と、銅めっき層とによって構成される第1層めの導体パターンが得られる。

【0036】この場合、製造時間の短縮化・工程簡略化を達成するために、例えば銅とニッケル、銅とクロム、銅とチタンというように、複数種の金属を同時に溶解できるエッチャントを用いることが好ましい。上記のようなエッチャントの一例としては、銅とニッケルとを同時に溶解し得るふっ酸と硝酸との混合水溶液が挙げられる。

【0037】また、第1層めの導体パターンを形成する方法として、予めレジストを形成した状態で下地層をパターン状にエッチングした後、そのレジストを剥離して銅めっき層を形成するという方法を採用することも可能である。そして、いずれかの方法によって導体パターンが形成された基板には再び樹脂がスピンコートされることによって、第2層めの層間絶縁層が形成される。そして、以上のようなプロセス（樹脂のスピンコート、スパッタリングによる下地層の形成及び銅めっき層の形成）は、必要に応じて繰り返行われる。

【0038】

【実施例及び比較例】以下、本発明を具体化した実施例1~11及びその比較例を図面に基づき詳細に説明する。

【実施例1】

工程(1)：基板として、りん青銅基板(Cu:Sn:P=95:4.8:0.2)1を選択し、このりん青銅基板1上の第1層めの導体パターンC1に黒化処理を施した。

【0039】工程(2)：層間絶縁層形成用の樹脂として、下記の組成からなる感光性エポキシ樹脂を用意した。

クレゾールノボラックアクリレート樹脂：66重量％、

50

(7)

特開平7-45948

11

ところ、2.0 kgf/mm²を上回る好適な値が得られた。
 【0053】そして、表1に示されるように、金属薄層L1の形成材料をチタンからニッケルに代えた実施例3についても、実施例1、2と同様に好適な結果が得られた。また、実施例3の場合、ふっ酸：硝酸=1：3水溶液という1種のエッチャントのみによって、銅薄層L2とニッケル薄層L1とを同時にエッチングできるという利点があった。

【実施例4～6】

工程(1)：実施例4では、基板としてアルミナ基板 (Al₂O₃=92%) 4を選択した。そして、そのアルミナ基板4上にチタン、モリブデン及びニッケルをスパッタリングすることにより、第1層めの導体パターンC1を形成した。

【0054】工程(2)：実施例1にて使用した樹脂をスピンコートを用いて塗布することにより、第1層めの導体パターンC1上に層間絶縁層I1を形成した。なお、本実施例4では最終的に得られる層間絶縁層I1の厚さが10μmとなるように、塗布する樹脂の厚さを17μmに設定した。

【0055】工程(3)～工程(5)：実施例1の工程(3)～工程(5)に準拠した。

工程(6)：次に、スピンコートを用いて下地層UL上に実施例1にて使用しためっきレジスト形成用の感光性樹脂を塗布し、プリベーク、露光・現像及びポストベークを行った。その結果、図1(d)に示されるように、L/S=15μm/20μmの導体パターンC2を形成するためのチャンネル状のめっきレジスト3を下地層UL上に形成した。

【0056】工程(7)：次に、実施例1にて使用した電解銅めっき浴を用いて電解銅めっきを実施することにより、図1(e)に示されるように、下地層UL上に厚さ6μmの電解銅めっき層L3を形成した。

【0057】工程(8)～工程(9)：その後、実施例1の工程(8)～工程(9)に準拠し、最終的に図2に示されるような多層配線板6を得た。この多層配線板6を用いて上述の調査した結果を表1に示す。その結果、導体パターンC2～C6のライン幅も層間絶縁層I1～I5の膜厚も、実施例1と同様に設定値に極めて近似した値をとることがわかった。また、プル強度を測定したところ、2.0 kgf/mm²を上回る好適な値が得られた。

【0058】そして、表1に示されるように、金属薄層L1の形成材料をクロムからチタンに代えた実施例5、及びクロムからニッケルに代えた実施例6についても、実施例4と同様に好適な結果が得られた。また、実施例8の場合、ふっ酸：硝酸=1：3水溶液という1種のエッチャントのみによって、銅薄層L2とニッケル薄層L1とを同時にエッチングできるという利点があった。

【実施例7～9】

工程(1)：実施例7では、基板として窒化アルミニウ

12

ム基板 (AlN:Y₂O₃=96:4) 1を選択した。そして、その窒化アルミニウム基板1上にチタン、モリブデン及びニッケルをスパッタリングすることにより、第1層めの導体パターンC1を形成した。

【0059】工程(2)：実施例1にて使用した樹脂をスピンコートを用いて塗布することにより、第1層めの導体パターンC1上に層間絶縁層I1を形成した。なお、本実施例7では最終的に得られる層間絶縁層I1の厚さが5μmとなるように、塗布する樹脂の厚さを10μmに設定した。

【0060】工程(3)～工程(5)：実施例1の工程(3)～工程(5)に準拠した。

工程(6)：次に、スピンコートを用いて下地層UL上に実施例1にて使用しためっきレジスト形成用の感光性樹脂を塗布し、プリベーク、露光・現像及びポストベークを行った。その結果、図1(d)に示されるように、L/S=4μm/8μmの導体パターンC2を形成するためのチャンネル状のめっきレジスト3を下地層UL上に形成した。

【0061】工程(7)：次に、実施例1にて使用した電解銅めっき浴を用いて電解銅めっきを実施することにより、図1(e)に示されるように、下地層UL上に厚さ1.5μmの電解銅めっき層L3を形成した。

【0062】工程(8)～工程(9)：その後、実施例1の工程(8)～工程(9)に準拠し、最終的に図2に示されるような多層配線板6を得た。この多層配線板6を用いて上述の調査した結果を表1に示す。

【0063】その結果、実施例1、2に比較して極めてファインなものであるにも関わらず、導体パターンC2～C6のライン幅も層間絶縁層I1～I5の膜厚も、設定値に極めて近似した値をとることがわかった。次いでプル強度を測定したところ、2.0 kgf/mm²を上回る好適な値が得られた。

【0064】そして、表1に示されるように、金属薄層L1の形成材料をクロムからチタンに代えた実施例8、及びクロムからニッケルに代えた実施例9についても、実施例7と同様に極めて好適な結果が得られた。また、実施例8の場合、ふっ酸：硝酸=1：3水溶液という1種のエッチャントのみによって、銅薄層L2とニッケル薄層L1とを同時にエッチングできるという利点があった。

【実施例10】

工程(1)～工程(4)：実施例1の工程(1)～工程(4)に準拠した。

【0065】工程(5)：真空スパッタリング装置を用いてニッケルをスパッタリングすることにより、層間絶縁層I1の処理面TS上に厚さ0.1μmのニッケル薄層L1 (=1種の金属のみからなる下地層UL)を形成した。なお、スパッタリング時のガス圧及び時間については、実施例1の条件に準じた。

50

(9)

特開平7-45948

15

銅めっき層を形成した。

【0080】 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: 0.05mol/l,
 HCHO : 0.12mol/l, NaOH : 0.15mol/l,
 $\text{EDTA} \cdot 4\text{Na}$: 0.10mol/l, $\text{KNi}(\text{C})$
 N : 1.0mg/l, α ・ α' -ディピリジル: 少量,
 pH : 12.5, 浴温: 80℃, 処理時間: 8時
 間。

工程(6): 前記工程(2)~工程(5)を繰り返す行
 うことにより、第3層め以降の導体パターンと第2層め
 以降の層間絶縁層とを順次形成した。そして、最終的に
 ビルドアップ層を有するアディティブ多層配線板を得
 た。

【0081】比較例の多層配線板を用いて上述の調査し
 た結果を表1に示す。その結果、導体パターンのライン
 幅の寸法誤差が、実施例1~11のときと比べて大きく*

16

*なるという結果が得られた。また、層間絶縁層の膜厚の
 寸法誤差についても同様の結果が得られた。つまり、比
 較例の多層配線板の場合、層間絶縁層の平滑性等の悪化
 や粗化に起因する表面の凹凸によって、導体パターンの
 形成精度や配線板の電気特性等の悪化がもたらされるも
 のと予想された。更に、プル強度を測定したところ、実
 施例1~11の約半分以下の値である1.0 kgf/mm²と
 いう低い値に止まった。

【0082】また、比較例の製造方法と実施例1~11
 の製造方法とを比較した場合、粗化工程と厚付け無電解
 銅めっき工程とを必要とする前者のほうが概して製造時
 間が長くなることが確認された。

【0083】

【表1】

	基板	※1	導体パターン(μm)					絶縁層 (μm)
			L1	L2	L3	※2	L/S	
実施例1	りん青銅	①	Cr 0.1	Cu 0.2	電Cu 10	30/50	2.0	2.0
実施例2	りん青銅	①	Ti 0.1	Cu 0.2	電Cu 10	30/50	2.0	2.0
実施例3	りん青銅	①	Ni 0.1	Cu 0.2	電Cu 10	30/50	2.0	2.0
実施例4	Al ₂ O ₃	①	Cr 0.1	Cu 0.2	電Cu 6	15/20	1.0	1.0
実施例5	Al ₂ O ₃	①	Ti 0.1	Cu 0.2	電Cu 6	15/20	1.0	1.0
実施例6	Al ₂ O ₃	①	Ni 0.1	Cu 0.2	電Cu 6	15/20	1.0	1.0
実施例7	AlN	①	Cr 0.1	Cu 0.2	電Cu 1.5	4/6	5	5
実施例8	AlN	①	Ti 0.1	Cu 0.2	電Cu 1.5	4/6	5	5
実施例9	AlN	①	Ni 0.1	Cu 0.2	電Cu 1.5	4/6	5	5
実施例10	りん青銅	①	Ni 0.1	—	電Cu 10	30/50	2.0	2.0
実施例11	Al ₂ O ₃	②	Cr 0.1	Cu 0.2	無電Cu 6	15/20	1.0	1.0
比較例	FR-4	—	—	—	無電Cu 80	75/75	5.5	5.5

注: ※1…表中①は請求項3に記載の製造方法を示し、②は請求項4に記載の
 製造方法を示している。

※2…「電Cu」は電解銅めっきを意味し、「無電Cu」は無電解銅めっきを
 意味している。

【0084】

※ ※【表2】

	導体パターンのLの幅		層間絶縁層の膜厚		プル強度 (kgf/mm ²)
	設定値	実測値	設定値	実測値	
実施例1	30	30.5±1.0 μm	20	20.0±2.5 μm	> 2.0
実施例2	30	28.6±1.5	20	20.2±3.1	> 2.0
実施例3	30	30.7±1.4	20	20.3±2.7	> 2.0
実施例4	15	14.5±1.5	10	10.0±3.0	> 2.0
実施例5	15	15.4±1.2	10	9.8±2.5	> 2.0
実施例6	15	15.3±1.9	10	10.4±2.6	> 2.0
実施例7	4	4.8±1.1	5	5.2±1.9	> 2.0
実施例8	4	3.7±0.8	5	5.1±2.0	> 2.0
実施例9	4	4.1±0.9	5	4.9±1.7	> 2.0
実施例10	80	80.2±1.5	20	19.8±2.8	> 2.0
実施例11	15	15.2±1.8	10	10.2±2.7	> 2.0
比較例	75	75.0±5.0	55	55.0±10.0	1.0

【0085】なお、本発明は上記各実施例のみに限定さ
 れることはなく、例えばビルドアップ層の層数を増加ま
 たは減少させることなどの発明の趣旨を逸脱しない範囲

内での変更が勿論可能である。

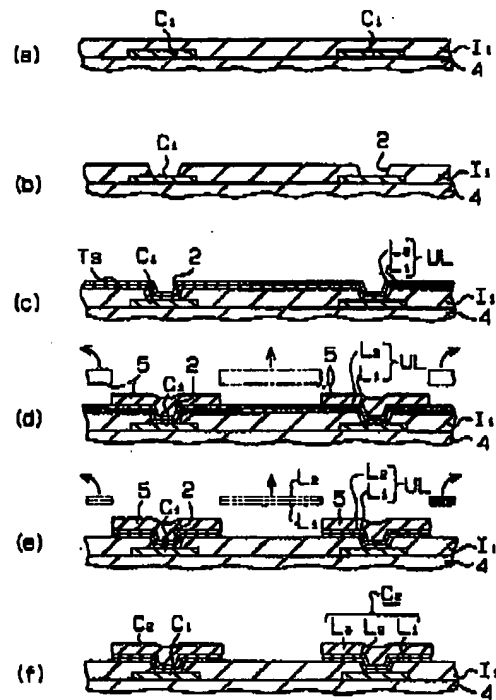
【0086】

50 【発明の効果】以上詳述したように、本発明の多層配線

(11)

特開平7-45948

【図4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.